

CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MORFOLÓGICA Y EVALUACIÓN DE LAS CURVAS DE EMPASTAMIENTO DE MUSÁCEAS DE LA COLECCIÓN COLOMBIANA DE LA FEDERACIÓN NACIONAL DE PLATANEROS DE COLOMBIA FEDEPLATANO

PHYSICAL, MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION AND EVALUATION OF PASTING CURVES OF MUSA SP. FROM THE COLOMBIAN COLLECTION OF THE NATIONAL FEDERATION OF COLOMBIAN PLANTAIN FARMERS FEDEPLATANO

Hoyos-Leyva, J.D.^{1&2}; Jaramillo-Jiménez, P.J.²; Lucas-Aguirre, J.C.³; Dufour, D.^{4&5}; Giraldo, A.⁵; Sánchez, T.⁵

¹ Federación Nacional de Plataneros FEDEPLATANO, Hacienda Las Vegas, Chinchiná, Colombia.

² Egresado programa de Ingeniería Agroindustrial, Universidad La Gran Colombia seccional Armenia, Facultad de Ingeniería, Armenia Colombia. E-mail: jdhl21@hotmail.com; calle 13 No. 13-61 apto 303 Edificio Santo Domingo, Armenia, Quindío, Colombia.

³ SENA Agroindustrial, seccional Armenia, Colombia.

⁴ CIRAD-PERSYST, UMR Qualisud, 73 rue Jean-François Breton - TA B-95 / 16 – 34398 Montpellier Cedex 5, Francia.

⁵ CIAT, Km17 Recta Cali-Palmira, A.A. 6713, Cali, Colombia.

RESUMEN

Se analizaron 20 variedades de musáceas de diferentes subgrupos, grupos y composición genética: AB, BB, AAA, AAB, ABB, AAAA y AAAB. El material procedió del banco de germoplasma de FEDEPLATANO en Chinchiná Colombia ubicado a 1360 msnm. Se caracterizaron física y morfológicamente, se determinaron las propiedades funcionales de harinas y almidones.

El análisis de componentes principales (ACP) demostró que los plátanos se diferencian por su tamaño (peso, longitud y diámetro) superior al de las demás variedades; Banano Chico por la densidad del fruto y de la pulpa, M.B. Tani, ICAFHIA 110, Saba y los plátanos del subgrupo Bluggoe por los altos porcentajes de cáscara; los demás clones no se diferencian entre sí.

Los plátanos de cocción del subgrupo Plantain tienen mayor materia seca; la fracción comestible de Bocadillo Chileno e Híbridos postre (exceptuando FHIA 1), son superiores a las demás variedades.

La temperatura de inicio de gelatinización de las harinas en el RVA, vario entre 66.58°C para Bocadillo chileno y 75.21°C para Mbindi. La viscosidad máxima estuvo entre 441.57 y 1837.17 cP de Tafetán rojo y Dwarf Cavendish; los tiempos de cocción de las harinas se encontraron entre 2.76 y 7.55 min en Bocadillo Chileno y Gros Michel Guayabo.

La temperatura de inicio de gelatinización de los almidones estuvo entre Gros Michel Guayabo (65.58°C) y Tafetán Rojo (74.41°C). La viscosidad máxima estuvo entre Yangambi Km3 (483.24 cP) e Indio (1958.44cP). Mbindi presentó mayor facilidad de cocción (1.91 minutos), el mayor tiempo fue FHIA 1 (9.49 minutos).

ABSTRACT

Twenty varieties of Musa sp. were analyzed from diverse subgroups, groups and genetic compositions: AB, BB, AAA, AAB, ABB, AAAB and AAAA. The material was acquired from the FEDEPLATANO germplasm bank in Chinchiná, Colombia, located at 1360 meters above sea level. The varieties were physically and morphologically characterized, and their functional flour and starch properties were identified.

The analysis of the principal components (PCA) showed that plantains are differentiated by their size (weight, length and diameter), superior when compared to other varieties; Banana Chico by the fruit and pulp's density, MB Tani, ICAFHIA 110, Saba and Bluggoe plantain subgroups by the larger peel percentages; the other clones did not differ from each other.

Plantains for cooking from the Plantain subgroup (AAB), have more dry matter; Bocadillo Chileno and hybrid dessert (except FHIA 1) have more edible proportions than other varieties.

The onset temperature for flour gelatinization in the RVA ranged from 66.58°C for Bocadillo Chileno, to 75.21 ° C for Mbindi. The maximum viscosity was between 441.57 and 1837.17 cP for Red Tafetan and Dwarf Cavendish; cooking times were between 2.76 and 7.55 minutes for the Bocadillo Chileno and Gros Michel Guayabo varieties.

The onset temperature for starch gelatinization ranged between 65.58°C for Gros Michel Guayabo, and 74.41°C for Red Tafetan. The maximum viscosity was between 483.24 cP and 1958.44 cP for the varieties Yangambi Km3 and Indio. The Mbindi variety cooked more easily (1.91 minutes), while FHIA 1 needed more time (9.49 minutes).

Palabras Clave: Musáceas; materia seca; fracción comestible; Plantain; Análisis de Componentes Principales (ACP); curvas de empastamiento.

INTRODUCCIÓN

El plátano y el banano son propios del Sudoeste Asiático, su cultivo se ha extendido a muchas regiones de Centroamérica y Sudamérica; constituyendo la base de la alimentación de muchas regiones tropicales. La mayoría de cultivares de plátano y banano de la familia Musáceae tienen origen en dos especies silvestres: *Musa Acuminata* y *M. Balbisiana* que por poliploidía e hibridación generan las variedades cultivadas. Las composiciones plóidica y genómica de los diferentes clones representan a *M. Acuminata* y *M. Balbisiana*, respectivamente, como A y B (Simmonds, 1973).

En muchos países tropicales la agricultura está basada en una producción poco intensiva la cual contribuye a mantener la diversidad de las plantas comestibles, y a generar ingresos en la zona rural. En Colombia exceptuando el grupo Plantain, se produce y se consume localmente alrededor de 400.000 toneladas de plátano, incluyendo bananos de cocción y variedades tipo Bluggoe (Arcila Pulgarin *et al*, 2002), (Price, 1999), (Lescot, 2008). En la actualidad las musáceas son una fuente importante de carbohidratos dentro de la dieta alimenticia de los colombianos, consideradas como la cuarta fuente de energía, después del maíz, arroz y trigo (FAO, 2005).

En las últimas décadas se ha incrementado el interés por determinar las propiedades físicas, químicas y funcionales de harinas y almidones del plátano y banano, en virtud a que estas especies vegetales tienen gran cantidad de almidones resistentes en los frutos verdes y la

ingestión de estos aporta beneficios a la salud humana.

MATERIALES Y METODOS

Selección de las Variedades

Las muestras fueron tomadas de diferentes variedades de musáceas de la colección colombiana de musáceas de FEDEPLATANO en Chinchiná-Caldas.

Los rácimos se cosecharon a medida que alcanzaban el grado de desarrollo óptimo, en estado verde, analizando un racimo por variedad.

La clasificación genética se presenta en la Tabla 1.

Caracterización Física

Se realizó un registro fotográfico del rácimo completo en el laboratorio. El peso del rácimo fue tomado con una balanza reloj. Se separaron las manos del raquis, se tomo el peso del raquis y de cada mano en una balanza de triple brazo (OHAUS 700 SERIES, Inglaterra).

El peso fue tomado a cada fruto en balanza analítica de precisión ± 0.0001 g (METTLER TOLEDO, Suiza), antes y después de retirar la cáscara o piel, de igual forma se tomo el peso de la cáscara por separado.

La longitud fue tomada desde el pedúnculo hasta el ápice; este procedimiento se practicó a los frutos y a la pulpa. Se empleó cinta métrica con precisión ± 0.1 cm.

Tabla 1. Clasificación genética de las variedades de musáceas estudiadas

Genotipo y nombre Diploide: 2n=2X=22	Clasificación genética	Subgrupo
Ney Poovan	AB	Sucrier
M.B.Tani	BB	Balbisiana
Triploide: 2n=3x=33		
Guineo	AAA	Mutika
Gros Michel Guayabo	AAA	Gros Michel
Cachaco Sin Bellota	ABB	Bluggoe
Yangambi KM3	AAA	Ibota
Cachaco Espermo	ABB	Bluggoe
Mbindi	AAB	Plantain
Bocadillo Chileno	AAA	Gros Michel
Dwarf Cavendish	AAA	Cavendish
Saba	ABB	Saba
Pisang Ceylan	AAB	Mysore
Indio	AAA	Cavendish
Banano Chico	AAA	Gros Michel
África 1	AAB	Plantain
Tafetán Rojo	AAA	Red Dacca
Banano 2	AAA	Gros Michel
Híbridos Tetraploides 2n=4x=44		
FHIA 17	AAAA	Hybrid
ICAFHIA 110	AAAA	Hybrid
FHIA 1	AAAB	Hybrid

El diámetro se determinó con la formula de perímetro de una circunferencia. Se tomó la medida al perímetro en la parte media de cada fruto y de la pulpa, empleando cinta métrica de precisión ± 0.1 cm.

Para determinar la densidad del fruto y pulpa, se empleo el método de volumen desplazado, con una balanza analítica de ± 0.0001 g de precisión.

Para la determinación de la materia seca se seleccionaron diferentes frutos al azar, se pelaron manualmente y se cortaron, determinando el peso de la muestra húmeda y se secaron a 105°C durante 48 horas, luego se determino el peso de la muestra seca. Cada muestra se hizo por triplicado.

Para determinar el porcentaje de cáscara se calcula la relación existente entre el peso de la cáscara y el peso del fruto, $\times 100$.

La fracción comestible en kg de materia seca por planta, se calculo como (Peso del rácimo – peso del raquis)* Porcentaje de pulpa * Porcentaje de materia seca (Ferris, 1999).

Caracterización de las Curvas de Empastamiento de Harinas y almidones.

Preparación de las muestras.

Obtención de las Harinas: La pulpa fue cortada en rodajas y secada a 50°C por 48 horas en un horno de secado de lecho fluidizado, las muestras fueron molidas y almacenadas en cuarto frio (Dufour *et al*; 2009).

Extracción del Almidón: Se empleó la metodología reportada por (Dufour *et al*; 2009), una fracción de la pulpa de todo el racimo fue licuada durante un minuto, tamizada con agua destilada y el almidón fue separado por sedimentación en varios lavados del producto.

Caracterización de las Curvas de Empastamiento de Harinas y Almidones.

Las propiedades de las curvas de empastamiento de las harinas y almidones, se estudiaron utilizando un analizador rápido de viscosidad RVA-4 (Viscoamilograma RVA Rapid Visco Analyser, Newport Scientific Narabeen, NSW, Australia), con perfil definido de temperatura (50 hasta 90°C a 6°C/min., para mantener la temperatura durante 5 minutos y luego enfriar hasta 50°C a 6°C/min.). Para las harinas se realizó una suspensión al 8% base seca (b.s.) en presencia de inhibidor de α -amilasa (AgNO_3 ; $0.002 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$) y los almidones solo con agua a una concentración de 7% base seca (b.s.). (Dufour *et al*; 2009).

Las variables analizadas en la caracterización de las curvas de empastamiento de harinas fueron: Temperatura de inicio de gelatinización (T_g) (°C), Tiempo en temperatura de inicio de gelatinización (min) (t_g), Viscosidad máxima (V_{max}) (cP), Temperatura en pico (°C) ($T^{\circ}\text{pico}$), Tiempo en pico (min) ($t^{\circ}\text{pico}$), Inestabilidad del gel (Breakdown) (cP), Viscosidad de la pasta caliente (VPC) (cP), Viscosidad mínima (V_{min}) (cP), Viscosidad de la pasta fría (VPF) (cP), Reorganización (Setback) (cP), Consistencia (cP), Facilidad de cocción (min).

Análisis Estadístico.

En el análisis estadístico se empleó el Software SPSS v. 15.0 para la estadística descriptiva y el Análisis de Varianza; para el Análisis de Componentes Principales (ACP) se empleó SPAD 3.5.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

El peso del racimo fue muy variable entre todos los clones, con un coeficiente de variación del 43.27%. En las características del racimo influyen de forma directa factores genéticos,

agroclimáticos, edad del cultivo, entre otras; esto muestra que las características morfológicas de las musáceas dependen de la interacción genotipo x ambiente, que las hacen inestables y variables en los años y en localidades geográficas (Vuylsteke, 1997).

En la Tabla 2, se puede ver que los frutos con valores máximos para las variables peso, longitud y diámetro medio del fruto correspondieron a los de la variedad África 1. Se puede apreciar que los frutos con las mayores dimensiones (longitud y diámetro medio) son los correspondientes a los de las variedades del subgrupo plantain (África 1 y Mbindi). El peso y tamaño de los frutos es una característica genética modificada por el ambiente (Azcón-Bieto & Talon, 1996).

En la variable longitud del fruto, todos los clones presentaron promedios por debajo de los 25 cm, a excepción de los del subgrupo Plantain, (Mbindi y África 1), los coeficientes de variación de los clones fueron menores a 15, indicando homogeneidad en los datos. La longitud de África1 concuerda con lo reportado por (Dufour *et al*, 2009), quien encontró una longitud de fruto mayor a 30 cm, también reportó que los plátanos del grupo AAB presentaron longitudes superiores a los 23 cm, mientras que en este trabajo se encontró que la variedad Pisang Ceylan (AAB) tiene una longitud inferior a dicho valor, esto se puede explicar por la diferencia de los factores agroclimáticos de los materiales analizados.

Los plátanos de cocción del subgrupo Plantain tienen un diámetro medio de fruto superior al de los demás plátanos y bananos estudiados (> 5 cm); estos diámetros coinciden con lo reportado por (Dufour, 2009), quien encontró diámetros para otras variedades del subgrupo Plantain superiores a los 5 cm.

En la tabla 3 se puede ver que la variedad que presentó mayor peso de la pulpa es la África 1 con un peso promedio de 335.83 g, la que presentó menor peso de la pulpa es la variedad M.B Tani, con un valor promedio de 42.17 g; en el mismo orden, estas dos variedades también presentaron el mayor y menor valor para la variable longitud de la pulpa, con promedios de 28.65 y 11.51 cm respectivamente.

Tabla 2. Características Físicas del racimo y fruto: Peso, Longitud y Diámetro del fruto.

Nombre de variedad	GRUPO	Peso del racimo (Kg)	Numero de manos	Numero de frutos	Peso de fruto (g)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro medio fruto (cm)
FHIA 17	AAAA	26	12	182	179,3	20,71	4,2
ICAFHIA 110	AAAA	36,5	11	175	186,85	23,86	4,3
GUINEO	AAA	20,5	8	137	146,77	18,46	4,71
Gros Michel Guayabo	AAA	20	8	126	135,71	16,79	4,05
CACHACO SIN BELLOTA	ABB	10,5	6	71	142,93	17,81	4,5
YANGAMBI KM3	AAA	14	8	111	136,53	19,42	3,95
CACHACO ESPERMO	ABB	8	6	60	105,75	17,58	4,16
MBINDI	AAB	14	7	44	304,62	25,72	5,11
M.B. TANI	BB	22	14	197	95,86	16,89	4,21
Bocadillo Chileno	AAA	43	10	191	212,17	21,63	4,45
DWARF CAVENDISH	AAA	14,2	8	104	131,7	20,88	3,81
NEY POOVAN	AB	14,4	8	101	129,01	18,23	4,13
SABA	ABB	14,25	7	76	168,68	21,45	4,86
PISANG CEYLAN	AAB	24,15	13	202	102,26	17,52	3,84
INDIO (primitivo)	AAA	23,9	9	154	136,56	20,78	3,87
BANANO CHICO	AAA	14,25	9	105	118,94	19,29	3,72
AFRICA 1	AAB	17,75	6	32	550	36,97	5,74
TAFETAN ROJO	AAA	13,25	5	67	163,35	17,95	4,71
BANANO 2	AAA	20	8	137	127,31	22,6	3,81
FHIA 1	AAAB	20	9	260	130,23	18,04	4,12

Los promedios de diámetro de la pulpa de los bananos de postre estuvieron entre 2 y 4 cm, a diferencia de la pulpa de los plátanos de cocción del subgrupo Plantain, los cuales tuvieron promedios mayores a 4 cm.

El mayor porcentaje de cáscara fue presentado por la variedad M.B. Tani con un valor promedio de 58.44% y el menor fue el presentado por la variedad Yangambi Km 3 con un valor de 35.16% (Tabla 3). La Agroindustria busca materiales con bajos porcentajes de cáscara, ya que así se

obtienen mayores rendimientos en la materia prima, los plátanos con mayor uso industrial en el país son el dominico hartón y hartón con porcentajes de cáscara entre 35 y 39% (Dufour et al, 2009), según este criterio las variedades Yangambi Km3, Guineo Mutika, África 1, Tafetán Rojo, FHIA 17, Mbindi, Banano Chico, Gros Michel Guayabo, Pisang Ceylan y Dwarf Cavendish con porcentajes de cáscara comprendidos entre 35.16% y 37.26%, son variedades que podrían ser estudiadas más a fondo como materias primas en la Agroindustria.

Tabla 3. Características de la pulpa: Peso, Longitud y diámetro de la pulpa, Porcentaje de cáscara.

Nombre de variedad	GRUPO	Peso Pulpa (g)	Longitud Pulpa (cm)	Diámetro medio Pulpa (cm)	% Cascara
FHIA 17	AAAA	110,06	17,61	3,41	36,34
ICAFHIA 110	AAAA	90,41	18,53	3,1	49,46
GUINEO	AAA	82,08	12,54	3,65	35,31
Gros Michel Guayabo	AAA	82,04	14,34	3,22	37,14
CACHACO SIN BELLOTA	ABB	71,3	13,43	3,36	47,16
YANGAMBI KM3	AAA	89,84	15,54	3,24	35,16
CACHACO ESPERMO	ABB	50,01	12,47	2,89	52,91
MBINDI	AAB	214,97	21,28	4,13	36,36
M.B. TANI	BB	42,17	11,51	2,97	58,44
Bocadillo Chileno	AAA	119,63	17,87	3,4	40,58
DWARF CAVENDISH	AAA	78,84	16,85	2,92	37,26
NEY POOVAN	AB	71,56	13,47	3,07	41,18
SABA	ABB	76,75	14,74	3,45	52,25
PISANG CEYLAN	AAB	63,22	12,75	3,05	37,21
INDIO (primitivo)	AAA	71,07	17,25	2,8	44,94
BANANO CHICO	AAA	73,33	14,89	3	36,67
AFRICA 1	AAB	335,83	28,65	4,57	36,19
TAFETAN ROJO	AAA	99,84	15,05	3,79	36,31
BANANO 2	AAA	62,73	18,65	2,56	51,43
FHIA 1	AAAB	78,3	14,47	3,22	41,42

DENSIDAD

En la Tabla 4 están expresadas las densidades promedios de los frutos y de las pulpas de cada una de las variedades analizadas.

En la variable densidad del fruto, el valor máximo fue presentado por la variedad Banano Chico igual a $1.23 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$, y el valor mínimo de densidad se observó en la variedad M.B. Tani con $0.83 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$.

En la densidad del fruto, los bananos de postre tuvieron densidades $> 1 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$; en los plátanos de cocción Mbindi presentó el mayor valor ($1.03 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$); los bananos híbridos de postre tuvieron promedios entre 0.86 y $1.10 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$; la densidad del fruto del banano de cocción tuvo un

promedio de $0.95 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$, el plátano de postre de $0.98 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$.

La pulpa más densa fue la de la variedad Banano Chico con $1.36 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$, mientras que la menos densa es la de la variedad M.B. Tani con una densidad promedio de $0.77 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$.

La densidad de la variedad M.B. Tani puede estar influenciada por la presencia de gran cantidad de semillas en la pulpa.

Materia seca y Fracción Comestible

Como se observa en la Tabla 5, la variedad con mayor porcentaje de materia seca fue Mbindi con 40.02%, seguida por la variedad África 1

con 36.76%. Las variedades del subgrupo Bluggoe, Cachaco Espermo, Cachaco Sin Bellota y Saba tuvieron valores de 35.08, 34.83, y 31.85% respectivamente. La industria de las frituras busca materias primas con altos contenidos de materia seca, ya que en la operación de fritura el agua es desplazada por aceite, y a menor cantidad de agua, menor aceite absorbido por el material y menor tiempo de exposición en la operación (Lemaire, 1997).

Tabla 4. Densidad de fruto y pulpa (g· ml⁻¹).

Nombre de variedad	GRUPO	Densidad fruto	Densidad de la Pulpa
FHIA 17	AAAA	0,95	0,99
ICAFHIA 110	AAAA	0,86	0,99
GUINEO	AAA	0,95	1,07
Gros Michel Guayabo	AAA	1,16	1,02
CACHACO SIN BELLOTA	ABB	1,03	0,88
YANGAMBI KM3	AAA	1,02	1,04
CACHACO ESPERMO	ABB	0,95	0,79
MBINDI	AAB	1,04	1,13
M.B. TANI	BB	0,85	0,77
Bocadillo Chileno	AAA	1,01	1,28
DWARF CAVENDISH	AAA	1	1,32
NEY POOVAN	AB	0,98	1,01
SABA	ABB	0,92	0,91
PISANG CEYLAN	AAB	0,98	1,12
INDIO (primitivo)	AAA	0,95	1,05
BANANO CHICO	AAA	1,22	1,36
AFRICA 1	AAB	1,02	1,13
TAFETAN ROJO	AAA	1,05	1,08
BANANO 2	AAA	1,12	1,16
FHIA 1	AAAB	1,1	1,3

La variedad con mayor fracción comestible expresada en kg de materia seca por rácimo fue Bocadillo Chileno con un valor de 5.99.

Tabla 5. Materia Seca y Fracción Comestible

Nombre de variedad	GRUPO	Fracción Comestible (kg de materia seca)	Materia seca (%)
FHIA 17	AAAA	4,66	22,45
ICAFHIA 110	AAAA	4,83	28,61
GUINEO	AAA	2,95	25,27
Gros Michel Guayabo	AAA	3,35	28,98
CACHACO SIN BELLOTA	ABB	1,58	34,83
YANGAMBI KM3	AAA	2,79	33,26
CACHACO ESPERMO	ABB	1,23	35,08
MBINDI	AAB	3,84	40,02
M.B. TANI	BB	1,73	21,25
Bocadillo Chileno	AAA	5,99	26,65
DWARF CAVENDISH	AAA	2,32	28,91
NEY POOVAN	AB	2,31	31,86
SABA	ABB	1,87	31,85
PISANG CEYLAN	AAB	4,33	31,35
INDIO (primitivo)	AAA	3,43	29,73
BANANO CHICO	AAA	2,37	33,02
AFRICA 1	AAB	3,64	36,76
TAFETAN ROJO	AAA	1,87	24,87
BANANO 2	AAA	2,68	29,33
FHIA 1	AAAB	2,92	27,52

Los resultados de materia seca y fracción comestible concuerdan con lo reportado por (Dufour *et al.*, 2009), aunque los valores de dichas variables no son iguales, los materiales presentaron comportamientos similares, además los valores de materia seca est n relacionados con las formas de consumo, así los bananos de postre tienen contenidos menores que los plátanos de cocción.

ANÁLISIS DE VARIANZA

Según el análisis de varianza ANOVA, se observa que existen diferencias altamente significativas (p-value= 0.000) del factor de variación Variedad con respecto a todas las variables respuesta (peso del fruto, longitud del fruto, diámetro medio del fruto, peso de la pulpa, longitud de la pulpa, diámetro de la pulpa, densidad del fruto, densidad de la pulpa, porcentaje de cáscara y porcentaje de materia seca).

VISCOAMILOGRAMÁS DE HARINAS Y ALMIDONES

ANÁLISIS DE VISCOAMILOGRAMAS DE LAS HARINAS

Las curvas de empastamiento de las harinas provenientes de las manos 2 de cada racimo se presentan en la Figura 1. En la Tabla 6 se encuentran algunas propiedades funcionales de las harinas analizadas.

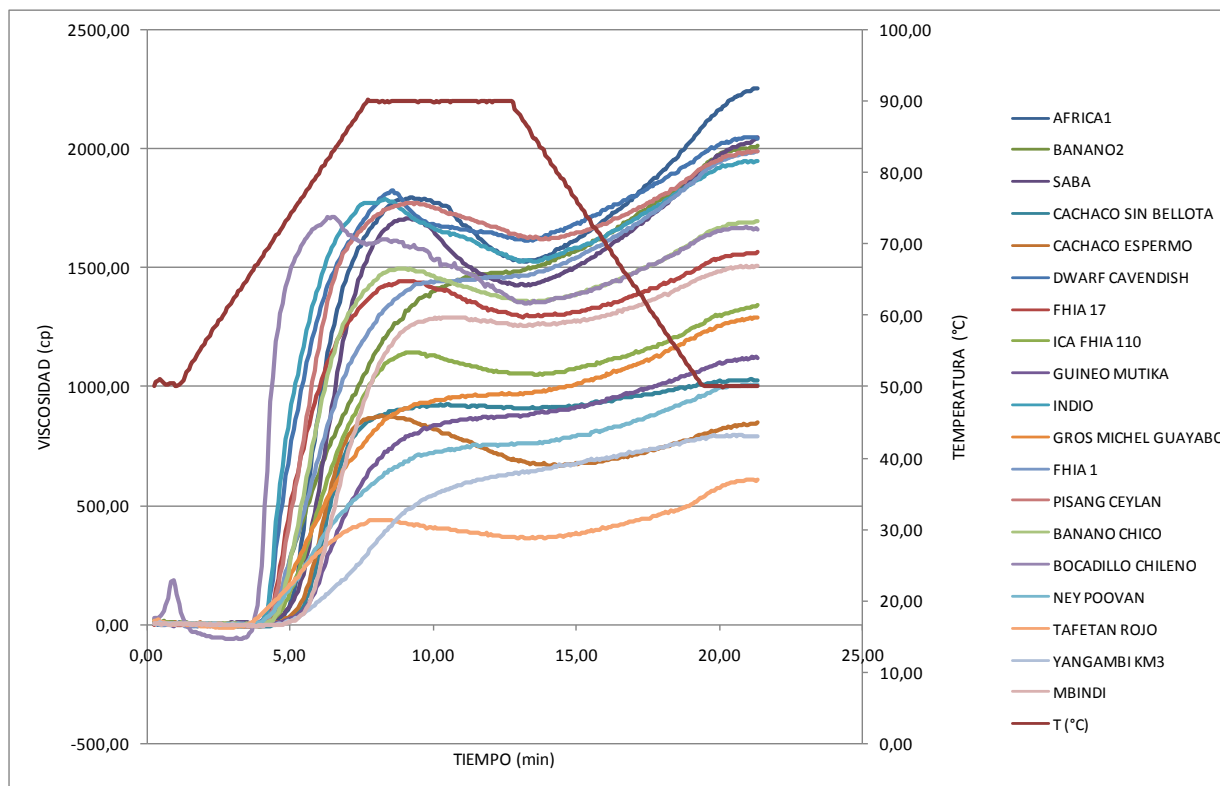


Figura 1. Viscoamilograma de Harinas.

Los bananos de postre presentaron temperaturas de inicio de gelatinización muy variables, el menor promedio fue de Bocadillo Chileno (66.58°C) y el mayor fue de Yangambi Km3 (74.71°C), a excepción de este último y del clon Banano Chico este grupo tuvo temperaturas de gelatinización por debajo de los 70°C, a diferencia de los plátanos de cocción los cuales tuvieron valores entre 70.35°C en el caso de Saba y 75.21°C en el de Mbindi; el banano de cocción presentó temperatura de gelatinización de 73.62°C, y el plátano de postre de 69.22°C. (Ver Tabla 6)

A una menor temperatura de gelatinización, menor será el consumo de energía requerida para iniciar el hinchamiento de los gránulos del almidón presentes en las harinas, como se observa en los resultados, la variedad que tiene menor temperatura de inicio de gelatinización es la que menor tiempo requiere. Generalmente los menores tiempos de gelatinización están ligados a una cocción rápida, como se observa, los bananos de postre representados por Bocadillo Chileno, aparentemente son más fáciles de cocinar que los plátanos de cocción, esto debido a que estos últimos tienen mayor contenido de materia seca y de almidón.

Tabla 6. Algunas propiedades funcionales de harinas de las musáceas estudiadas

VARIEDAD	GRUPO	T° g (°C)	V máx (cP)	Inestabilidad gel (cP)	VPF (cP)	SETBACK (cP)	FACILIDAD DE COCCIÓN (min)
FHIA 17	AAAA	68,93	1448,32	156,5	1503,82	212	4,86
ICAFHIA 110	AAAA	70,5	1147,32	69,5	1260,82	183	4,77
GUINEO	AAA	73,62	874,72	0	1066,23	191,5	6,88
Gros Michel Guayabo	AAA	68,6	970,05	0	1223,55	253,5	7,55
CACHACO SIN BELLOTA	ABB	73,18	926,76	19	1005,26	97,5	5,53
YANGAMBI KM3	AAA	74,71	626,7	0	780,36	153,66	7,15
CACHACO ESPERMO	ABB	72,85	876,78	211,5	791,78	126,5	3,37
MBINDI	AAB	75,21	1296,52	40,5	1455,02	199	5,58
Bocadillo Chileno	AAA	66,58	1721,56	315,5	1625,56	219,5	2,76
DWARF CAVENDISH	AAA	68,1	1837,17	222,5	1977,17	362,5	4,64
NEY POOVAN	AB	68,56	756,77	0	958,27	201,5	7,43
SABA	ABB	70,35	1712,43	287	1904,43	479	4,78
PISANG CEYLAN	AAB	69,22	1772,92	110	1908,42	245,5	5,18
INDIO (primitivo)	AAA	68,4	1824,07	238,5	1874,57	289	3,92
BANANO CHICO	AAA	70,47	1500,86	107	1631,36	237,5	4,58
AFRICA 1	AAB	71,31	1793,97	268	2082,97	557	4,67
TAFETAN ROJO	AAA	66,68	441,57	61,5	531,57	151,5	4,59
BANANO 2	AAA	69,5	1531,99	75,5	1930,99	474,5	6,64
FHIA 1	AAAB	68,53	1465,08	0	1893,58	428,5	6,69

Según la viscosidad máxima alcanzada, las harinas de las variedades como Dwarf Cavendish, África1, Pisang Ceylan, FHIA 17 (1448.32 cP), Bocadillo Chileno (1721.56 cP), Saba (1712.43 cP), Indio (1824.07 cP), Banano 2 (1531.99 cP), se podrían estudiar para ubicarlas como espesantes de sopas, compotas, salsas, entre otras.

El breakdown o Inestabilidad del gel está relacionado con la fragmentación mecánica, cuanto mayor es el valor de la Inestabilidad, mayor será la exposición al rompimiento del gel por causas mecánicas, las harinas de FHIA 17 (156.5 cP), Cachaco Espermo (211.5cP), Bocadillo Chileno (315.5 cP), Dwarf Cavendish (222.5 cP), Saba (287 cP), Pisang Ceylan (110 cP), Indio (238.5 cP), Banano Chico (107 cP) y África1 (268 cP) tienen esta particularidad y son más

susceptibles a este tipo de rompimiento que las demás variedades.

La viscosidad después terminado el enfriamiento es un factor importante al momento de seleccionar un material para conservar viscosidades adecuadas en cada proceso productivo, de los bananos de postre, Tafetán Rojo fue quien presentó menor valor en esta variable (531.57 cP) mientras que Dwarf Cavendish presentó el mayor valor (1977.17 cP); Cachaco Espermo fue el plátano de cocción que presentó menor viscosidad de la pasta fría (791.78 cP) y África 1 el mayor (2082.97 cP); ICAFHIA 110 tuvo el menor valor de los híbridos de postre (1260.82 cP) y FHIA 1 el mayor (1893.58 cP); el banano de cocción tuvo una viscosidad de la pasta fría de 1066.23 cP y el plátano de postre 1908.42 cP.

La reorganización de Tafetán Rojo fue la más baja entre los bananos de postre (151.50 cP); África 1 mostró el mayor valor de reorganización entre los plátanos de cocción (557 cP); ICAFHIA 110 presentó el menor valor de reorganización 183 cP y FHIA 1 el mayor (428.50 cP); el banano de cocción tuvo un valor de 191.50 cP y el plátano de postre 245.50 cP.

La facilidad de cocción hace que una harina sea viable a nivel industrial o no, por la demanda de energía, se busca que este tiempo sea inferior a 5 minutos, tiempo estimado de cocción de otras fuentes de harinas como el trigo, según este criterio, FHIA 17 (4.86 min), ICAFHIA 110 (4.77min), Cachaco Espermio (3.37 min), Bocadillo Chileno (2.76 min), Dwarf Cavendish (4.64 min), Saba (4.78 min), Indio (3.92 min), Banano Chico (4.58 min), África 1 (4.67 min)

y Tafetán Rojo (4.59 min), pueden ser de interés para diversos procesos Agroindustriales.

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS VISCOAMILOGRAMAS DE HARINAS

En el análisis de varianza se encontró que todas las variables presentan diferencias altamente significativas ($p\text{-value} = 0.000$), respecto a la variedad; esto indica que las harinas de todas las variedades de musáceas analizadas tienen propiedades funcionales particulares.

ANÁLISIS DE VISCOAMILOGRAMAS DE LOS ALMIDONES

En la Figura 2 se representan las curvas de empastamiento de los almidones de cada una de las variedades estudiadas.

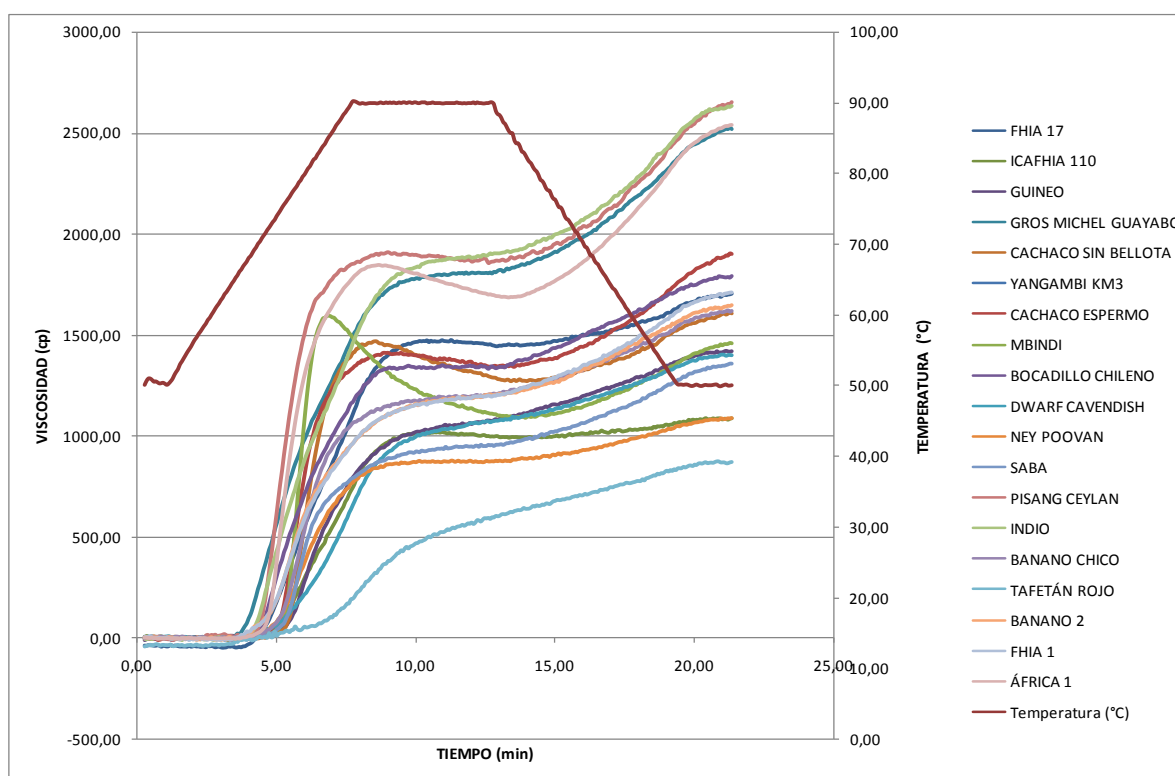


Figura 2. Viscoamilograma de Almidones.

En la Tabla 7 se presentan algunas propiedades funcionales de los almidones analizados.

La menor temperatura de gelatinización de los almidones la presentó la variedad Gros

Michel Guayabo (65.58 °C) y la más alta fue presentada por la variedad Tafetán Rojo (74.41°C).

El menor promedio de viscosidad máxima fue del almidón de la variedad Yangambi Km3

(483.24 cP), y el más alto Indio con 1958.44 cP; los geles de almidón más estables durante la cocción (0.000 cP) son los de las variedades Guineo Mutika, Gros Michel Guayabo, Dwarf Cavendish, Ney Poovan, Saba, Indio, Banano Chico, Tafetán Rojo, Banano 2 y FHIA 1; la viscosidad de la pasta fría más baja fue de Yangambi Km3 (543.74 cP) y la más alta fue de la variedad Indio (2513.44 cP); la menor reorganización es del almidón de Yangambi Km 3 (159 cP) y la más alta es de África 1 (700 cP); Mbindi presentó mayor facilidad de cocción (1.91 minutos), la menor FHIA 1 (9.49 minutos).

Tabla 7. Algunas propiedades funcionales de los almidones de las musáceas estudiadas

VARIEDAD	GRUPO	T°g (°C)	V máx (cP)	Inestabilidad gel (cP)	VPF (cP)	Setback (cP)	FACILIDAD DE COCCION (min)
FHIA 17	AAAA	68,31	1504,91	256,5	1667,91	419,5	7,09
ICAFHIA 110	AAAA	70,34	1025,4	180,5	1067,9	223	6,16
GUINEO	AAA	72,47	1081,86	0	1358,36	276,5	8,18
Gros Michel Guayabo	AAA	65,58	1831,68	0	2363,68	532	9,66
CACHACO SIN BELLOTA	ABB	73,82	1462,96	194	1511,96	243	3,47
YANGAMBI KM3	AAA	73,77	483,24	98,5	543,74	159	7,05
CACHACO ESPERMO	ABB	71,08	1409,24	66,5	1752,74	410	4,37
MBINDI	AAB	73	1558,52	518	1304,02	263,5	1,91
Bocadillo Chileno	AAA	69,38	1471,16	15,93	1798,16	342,93	7,94
DWARF CAVENDISH	AAA	70,37	1100,98	0	1378,48	277,5	8,86
NEY POOVAN	AB	70,25	891,4	0	1068,9	177,5	8,78
SABA	ABB	72,29	978,56	0	1276,06	297,5	8,64
PISANG CEYLAN	AAB	69,11	1875,93	43,5	2443,93	611,5	6,1
INDIO (primitivo)	AAA	67,07	1958,44	0	2513,44	555	8,61
BANANO CHICO	AAA	69,63	1177,53	0	1483,53	306	8,96
AFRICA 1	AAB	69,35	1849,54	165	2356,54	672	4,41
TAFETAN ROJO	AAA	74,41	637,89	0	853,89	216	8,25
BANANO 2	AAA	66,75	1222,87	0	1583,87	361	9,45
FHIA 1	AAAB	66,99	1223,56	0	1597,56	374	9,49

Las marcadas diferencias en las curvas de empastamiento entre los almidones son notables, debido a la conformación genética. La formación del gel depende de la asociación de los polímeros, especialmente

de la fracción de amilosa presente en las moléculas, del tamaño y de la forma del gránulo. (Boyer y Shannon, 1987) señalan que los almidones con alto contenido de amilosa poseen temperaturas de

El incremento de la viscosidad durante el período de enfriamiento es debido a que se restablecen los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de amilosa y amilopectina, dando lugar a la consistencia tipo gel, además se debe a la pérdida de calor en el sistema y al proceso de retrogradación que se genera. El incremento de la viscosidad durante el período de enfriamiento indica una tendencia de varios constituyentes presentes en la pasta caliente (gránulos hinchados, fragmentos de gránulos hinchados, moléculas de almidón coloidalmente - y molecularmente - dispersas) para asociar o

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS VISCOAMILOGRAMAS DE ALMIDONES

ACP- ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Las variables asociadas al componente 1, se relacionan entre sí debido a que son las variables influenciadas por el desarrollo y la formación del fruto, el desarrollo está ligado a los factores agroclimáticos principalmente; las variables asociadas al componente 2 se relacionan entre sí debido a que son parte de la estructura del fruto, propia de cada variedad.

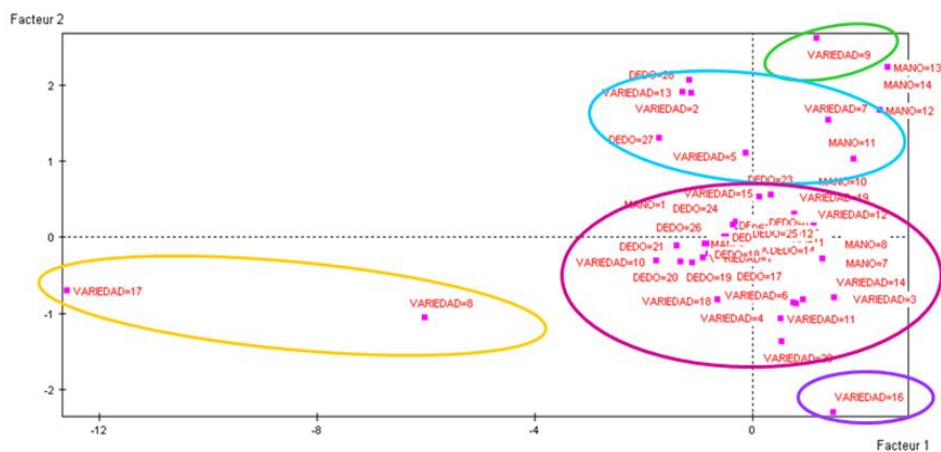


Figura 3. Análisis Factorial General

En la Figura 3 se representa la distribución de los factores y la relación con los dos. El área demarcada con color amarillo agrupa a las variedades África1 y Mbindi, clones del subgrupo Plantain, diferenciados por los pesos y las dimensiones superiores; el área de color verde, señala a la variedad M.B.Tani la cual se caracterizó dentro de los análisis por el alto porcentaje de cáscara; el área en azul esta agrupando a las variedades del subgrupo Bluggoe, Saba e ICAFHIA 110, las cuales también se caracterizaron por altos porcentajes de cáscara; en el área morada se encuentra la variedad Banano Chico, la cual está fuertemente ligada a las densidades del fruto y de la pulpa; por último se puede observar en el área fucsia la concentración de las demás variedades, las cuales no están definidas por algún parámetro específico.

CONCLUSIONES

- Las características físicas y morfológicas en las musáceas varían de acuerdo a su posición en el rácimo. La materia seca es el parámetro más homogéneo a lo largo del rácimo, Cachaco Espermo, Banano Chico, África 1 y Tafetán Rojo presentaron diferencias significativas entre las medias de sus manos. Todas las variables físicas y morfológicas presentaron diferencias altamente significativas, confirmando la gran diversidad varietal las musáceas.
- En el análisis de componentes principales se encontró que la formación del fruto y la estructura del material, son elementos determinantes en la caracterización de musáceas; las variedades del Subgrupo Plantain se caracterizan principalmente por la morfología del fruto, las variedades del Subgrupo Bluggoe + Saba + M.B.Tani se caracterizan por altos porcentajes de cáscara, en el Banano Chico la densidad es una característica particular, las demás variedades no tienen características físicas o morfológicas sobresalientes.
- La temperatura de gelatinización de las harinas en el RVA se encontró entre 66.58°C y 75.21°C para las variedades Bocadillo Chileno y Mbindi respectivamente, la viscosidad máxima estuvo entre 441.57 y 1837.17 cP para las

variedades Tafetán rojo y Dwarf Cavendish; los tiempos de cocción de las harinas (facilidad de cocción) se encontraron entre 2.76 y 7.55 min para las variedades Bocadillo Chileno y Gros Michel Guayabo.

- Los almidones que presentaron mayor susceptibilidad a fragmentación por agitaciones mecánicas son los de las variedades FHIA 17 (256.5 cP), ICAFHIA 110 (180.5 cP), Cachaco Sin Bellota (194 cP), Yangambi Km3 (98.5 cP), Pisang Ceylan (43.5 cP) y África 1 (165 cP), estas variedades también mostraron ser las menos susceptibles a la retrogradación y a la sinéresis, como altos valores en la viscosidad máxima. Además de estas variedades, Mbindi Cachaco Espermo, con mayor facilidad de cocción respecto a las demás.

BIBLIOGRAFIA

- Arcila, M.I.; Cayón, S.G.; Morales, O.H. (2002) Características físicas y químicas del fruto de dominico hartón (Musa AAB Simmonds) de acuerdo a su posición en el rácimo. En: Memorias ACORBAT 2002: 498-502.
- Azcón-Bieto, J.; Talon, M. (1996). Fisiología y bioquímica vegetal, 463-478. Madrid: McGraw-Hill.
- Boyer, C. D.; Shannon, J.C. (1987). Carbohydrates of the kernel. .
- Cayón, G.; Lozada, J.E.; Belalcázar, S. (1995). Contribución fisiológica de las hojas funcionales del plátano (Musa AAB Simmonds) durante el llenado del racimo. In: ACORBAT. XI Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigación de Banano en el Caribe y en América Tropical (02, 1994, San José, Costa Rica). Memorias. Editora Vicky Morales Soto. ACORBAT. pp. 725-739.
- Dufour, D; Giraldo, A.; Gibert, O.; Sanchez, T.; Reynes, M.; Gonzalez, A.; Fernandez, A.; Pain, J-P.; Diaz, A. (2009). Differentiation between Cooking Bananas and Dessert

Bananas. Morphological and Compositional Characterization of cultivated Colombian Musaceae in relation to consumer preferences. En: Journal of Agricultural and Food Chemistry .

Dufour, D.; Giraldo, A.; Gibert, O.; Sanchez, T.; Reynes, M.; Gonzalez, A.; Fernandez, A.; Diaz, A. (2009). Propiedades fisico-quimicas y funcionales de los bananos de postre, platanos de coccion y FHIA hibridos: preferencia varietal de los consumidores en Colombia. Cali, Colombia.

FAO. (2005). La Economía mundial del banano 1985-2002.

Ferris, R. O. (1999). Fruit quality evaluation of plantains, plantain hybrids, and cooking bananas. En: Postharvest Biology and Technology 15, 73-81.

Hoseney, R.; Zeleznak, K.; Yost, D. (1986). A note on the gelatinization of starch. Starch/stärke. 38, 407-409.

Lescot, T. (2008). La diversité génétique des bananaiers en chiffres. Fruitcop .

Lucas, J.C. (2009). Caracterización físico-química y evaluación de las curvas de empastamiento de tres variedades de plátano: Hartón (Musa AAB), Cubano Blanco

(Musa AAB), Cachaco (Musa ABB). En: Memorias Reunión Internacional Acorbat, Medellín Colombia 2010, 412.

Núñez, F. D. (2003). Extracción y Caracterización de almidón de banano verde y sus residuos de pulpa. Honduras. Universidad Zamorano. Honduras

Price, N. I. (1999). Highland bananas in Colombia.

Simmonds, N. (1973). Los Platanos. Barcelona, España: Blume.

Singh, N.; Singh, J.; Kaur, L.; Singh, S.N.; Singh, G.B. (2003) Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. Food Chem 81, 219-231.

Vuylsteke, R. O. (1997). Plantain improvement. Plant Breed 14 , 267-320.

Wurzburg, O.B. (1986). Modified starches: properties and uses. Boca Ratón, Florida. CRC Press.